

doi: 10.11832/j.issn.1000-4858.2014.06.022

20 t 锻造操作机大车行走液压控制系统设计

周 斌¹, 李阁强², 江 兵², 马淑叶¹

(1. 安阳锻压机械工业有限公司, 河南 安阳 455000;

2. 河南科技大学 机械装备先进制造河南省协同创新中心, 河南 洛阳 471003)

摘 要: 设计了锻造操作机大车行走电液比例控制系统, 利用 AMESim 软件建立了大车行走液压控制系统的物理仿真模型。基于模型, 分析了不同工况下操作机大车行走系统的动态特性, 并通过实际产品性能试验验证了设计方案合理, 数学模型准确。

关键词: 锻造操作机; 行走系统; AMESim; 电液比例控制系统

中图分类号: TH137 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-4858(2014)06-0092-04

Design of 20 t Forging Manipulator Driving Hydraulic Control System

ZHOU Bin¹, LI Ge-qiang², JIANG Bing², MA Shu-ye¹

(1. Anyang Forging-Press Machinery Industry Corporation, Anyang, Henan 455000;

2. Collaborative Innovation Center of Machinery Equipment Advanced Manufacturing, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

Abstract: Designed the driving electro-hydraulic proportional control system of forging manipulator, the simulation model of the cart driving electro-hydraulic proportional control system was built based on the AMESim software. By means of model, the influence of different working conditions on dynamic characteristics of the driving system for forging manipulator was studied. Actual product performance experiments were done to verify that the design scheme was reasonable and mathematical model was accurate.

Key words: forging manipulator, driving system, AMESim, electro-hydraulic proportional control system

引言

锻造操作机主要用于夹持锻件并辅助压机进行锻造, 是实现锻造自动化的重要设备, 是影响装备制造业发展的一个重要因素^[1]。由于液压传动具有响应速度快, 调速范围大和自动过载保护等优点, 大吨位锻造操作机通常都采用液压传动控制。锻造操作机大车行走液压控制系统要求系统能快速、平稳而准确地达到指定工位, 其定位精度直接影响锻件的轴向尺度以及锻件的生产效率。目前, 国外先进的锻造操作机大车行走系统均采用电液比例控制系统, 实现操作机的轴向送进操作^[2-4]。本研究针对某公司研制的 T31DYB-20 全液压摆移式锻造操作机大车行走液压系统, 利用 AMESim 仿真软件^[5], 分析了不同工况下操作机大车行走系统的动态特性, 并通过锻造操作机试验平台对仿真模型进行试验验证^[6]。

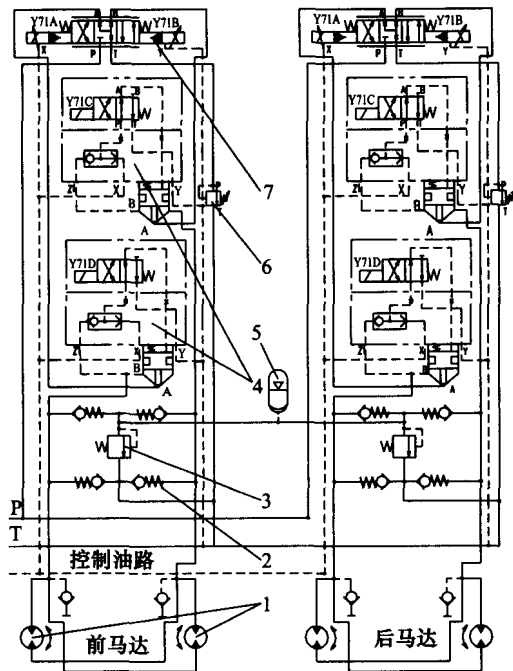
1 大车行走液压系统组成及工作原理

T31DYB-20 是全液压摆移式锻造操作机, 整体结构采用大刚度墙板框架结构, 主体构件为优质钢板焊接而成, 采用专用的垂直升降四连杆机构。其主要结构分为大车行走机构、钳身部分、升降部分、液压部分和电器部分。大车部分采用整体墙板式结构, 是操作机保持较高整体刚性的重要部分, 两侧为左右墙板, 中间为前连接横梁和后连接横梁。大车行走机构采用机械传动液压驱动方式, 由车轮部分、传动链轨、传动链轮等组成。车轮采用单侧双轮缘平踏面车轮。前轮为四轮驱动, 后部链轮双驱动, 即每侧 2 个链轮, 每个链

收稿日期: 2013-12-09

作者简介: 周斌 (1970—), 男, 河南长垣人, 高级工程师, 本科, 主要从事锻压机械方面的研发工作。

轮上均为马达驱动,共 4 个马达驱动,且具有实时张紧功能,消除链齿侧隙。图 1 所示为 T31DYB-20 锻造操作机大车行走系统的液压系统原理图。



1. 马达 2. 单向阀 3、6. 溢流阀 4. 插装阀
5. 蓄能器 7. 比例换向阀

图 1 大车行走液压系统原理图

该大车行走系统分为左右两个对称的电液比例控制系统,4 个液压马达驱动,用四组插装阀和比例换向阀通过控制油路实现大车的定位和锁紧。由于大车和锻件质量很大,为减小起停冲击,采用了蓄能器和溢流阀及蓄能器和单向阀的设计方案。为了缓冲锻造作业时被动受力,系统设有溢流阀。由电液换向阀通过 Y71、Y72 得电情况控制大车 4 个马达的正转和反转,利用马达驱动带动链轮传动,从而带动车轮前进和后退,蓄能器吸收大车行走过程中产生的振动冲击,溢流阀起过载保护作用。

2 大车行走液压系统建模仿真

在不影响分析系统动态特性的前提下,对大车行走系统进行相应地简化,并利用 AMESim 元件库中成熟的液压元件模块来降低建模难度。① 插装阀由三部分组成,其控制油路等效为给定信号来控制其通断;② 在外负载处加一个位置传感器检测并反馈,与设定信号进行比较,通过 PID 控制器实现行走系统的进给控制;③ 由于左右系统元件和回路相同,只需模拟左边系统。大车行走液压系统仿真模型如图 2 所示,图

2 中各元件符号的含义参见 AMESim 软件说明。

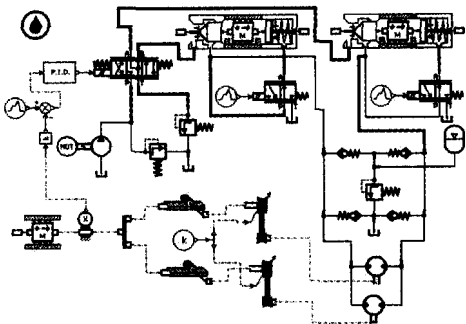


图 2 大车行走液压系统仿真模型

在 AMESim /Parameter 参数模式下按照系统选定的元件设定具体参数,行走系统仿真模型的主要参数设置如表 1 所示。

表 1 仿真主要参数

参数	数值
工作压力 p/MPa	6
系统流量 $Q/\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	633
总质量 M/t	140
传动比 I	86
链轮直径 D/m	0.656
马达排量 $V/\text{mL} \cdot \text{r}^{-1}$	107

3 仿真结果与分析

锻压机分为常锻和快锻两种锻造模式:常锻模式主要用于锻件的开坯和拔长,锻件的变形量大;快锻模式一般用于锻件的精整,锻件的变形量小。为保证锻造操作机的自动锻造过程和联动锻造过程中的锻件尺寸,要求操作机具有较高的位置控制精度和快速的控制响应性。

在快锻工况下完成操作机轴向进给 0.06 m、0.12 m 仿真研究,仿真时间为 1 s,采样周期为 0.01 s。额定负载工况时的动态特性曲线如图 3、图 4 所示。

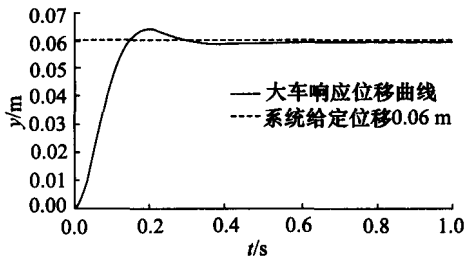


图 3 60 mm 时动态特性曲线

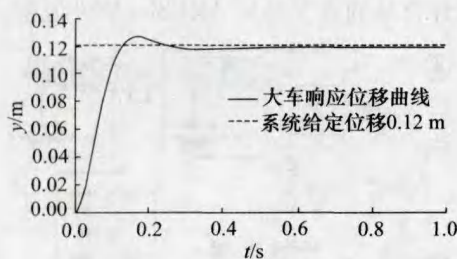


图4 120 mm 时动态特性曲线

从图中可以看出,大车响应位移的最大超调量均控制在 $\pm 10\%$ 范围内,稳态误差也在 $\pm 10\text{ mm}$ 范围内。快锻工况下联动送进时,锻压机的工作周期为 1 s ,此时操作机允许的动作时间为 0.5 s 。图中可以看出最大超调量控制在 $\pm 10\%$ 范围内,且达到稳态的时间约 0.45 s ,满足联动的动作时间。

在常锻工况下,完成操作机连续轴向进给 0.1 m 的仿真研究,仿真时间为 4 s ,采样周期为 0.01 s 。额定负载工况时的连续进给动态特性曲线如图5所示。

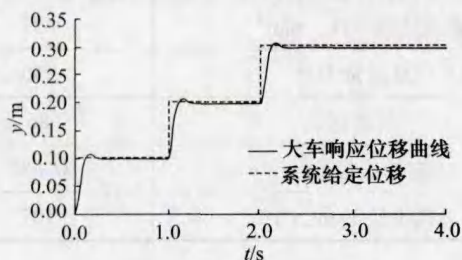


图5 连续进给时动态特性曲线

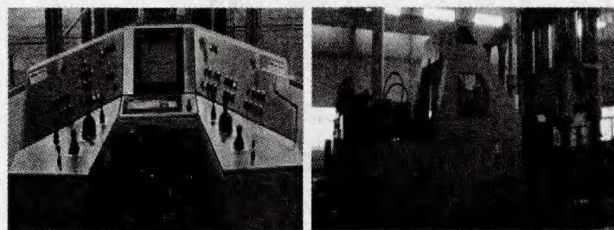
从图5中可以看出,每次大车响应位移最大超调量均控制在 $\pm 10\%$ 范围内,稳态误差也在 $\pm 10\text{ mm}$ 范围内。常锻工况下联动进给时,锻压机的工作周期为 2 s ,此时操作机允许的动作时间为 0.8 s ,图中可以看出操作机连续进给 0.1 m ,系统稳态值上升到 100% 且最大超调量控制在 $\pm 10\%$ 范围内的时间约 0.6 s ,满足联动的动作时间,系统的响应符合使用要求。

4 试验测试

由于仿真模型的简化和建模过程中所作的相关假设,需要通过试验来验证仿真结果的正确性。借助该公司的锻造操作机试验平台,对T31DYB-20锻造操作机进行试验测试,如图6所示。

通过试验可得到各工况下大车行走位移响应曲线,如图7~图9所示。通过对比分析可以看出,仿真曲线与试验中所得到的曲线基本一致。但其中还有一些差别,主要是在建模仿真中对一些参数进行了简化处理,试验过程中各种阀的调节存在误差,手动操

作对时间控制不够精准。总的说来,试验结果与仿真结果基本吻合,验证了设计方案和仿真模型的正确性。



a) 控制台

b) 操作机机械本体

图6 T31DYB-20 全液压摆移式锻造操作机

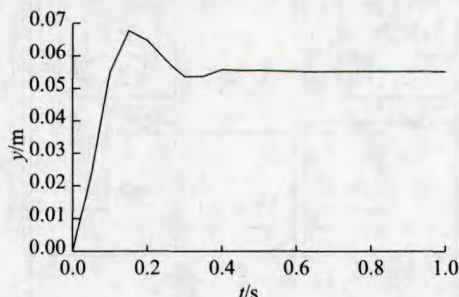


图7 试验测试 60 mm 时大车行走位移响应曲线

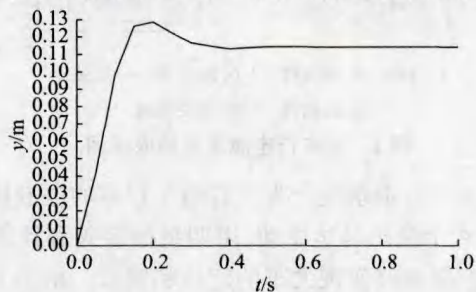


图8 试验测试 120 mm 时大车行走位移响应曲线

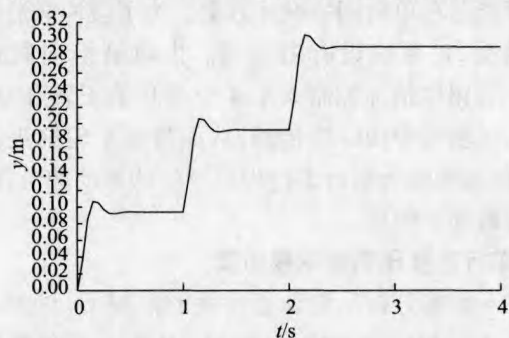


图9 试验测试连续进给时大车行走位移响应曲线

5 结论

采用电液比例控制系统实现锻造操作机大车行走系统设计,并对T31DYB-20操作机大车行走系统在不同工况下进行动态分析。分析了在常锻和快锻模式

(下转第98页)

较大,但由于平衡式阀门通流截面积变化的快速性,进排气过程压力变化仍然很迅速。并且因为主要配气参数设置得比较合理,排气残压(二次降压的初始压力)较低,使气体膨胀率较高。通过瞬时扭矩曲线,理想平均扭矩 M_e 可利用下式计算:

$$M_e = 1/(2T) \int_0^{2T} M dt \quad (12)$$

式中, M 为曲轴瞬时扭矩, T 为活塞循环周期。在上述工况下,虚拟样机的 $M_e = 2.15 \text{ N} \cdot \text{m}$, 高于试验样机测试值,从扭矩曲线可见负半周阻力扭矩小,气体驱动效率高。但由于设定的进气压力小,输出扭矩和转速不高。

启动过程的曲轴转速 n 变化如图 5 所示。从转速曲线可见发动机启动 5~6 s 后趋于稳定,转速波动较大。

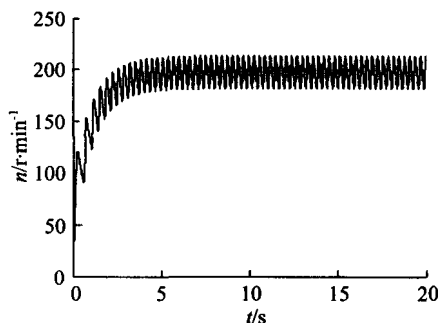


图 5 虚拟样机启动过程转速变化

4 结论

首先建立了气动发动机工作过程模型,对气动发动机的运行状态,部分结构的动力学合理性进行了仿真计算,得到如下结论:

(1) 通过虚拟样机运行过程中缸压曲线和输出扭矩可见,所设计配气结构的性能优于试验样机;

(2) 在转速达到 $1100 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 左右时,设计飞轮惯量为 $0.057 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$;

(上接第 94 页)

下,不同进给和连续进给工况时的动态特性。仿真和试验结果均表明,所设计操作机大车行走液压控制系统响应快,控制精度满足 $\pm 10 \text{ mm}$ 要求,与锻压机的联动送进也能够实现。

参考文献:

- [1] 陈东驰,王冬梅. 锻造压机和操作机的一体化控制的系统设计[J]. 锻压装备与制造技术, 2011, (5): 22-24.
- [2] 傅新,徐明,王伟,等. 锻造操作机液压系统设计与仿真[J]. 机械工程学报, 2010, 46(11): 49-54.

(3) 在一定参数范围内优化得到的参数组合为: 进气压力 1 MPa , 进气门提前角 5° 、持续角 46° , 排气门提前角 0° 、持续角 124° , 优化性能指标计算值为: 理想功率 1.31 kW , 工作效率 51.1% , 气体平均温度 234 K 。并分析得到配气阀门推程角和回程角的合理值在 30° 左右。

气动发动机虚拟样机使仿真更具精确性,减少了样机设计成本,对其性能的分析结果为新型气动发动机实物的设计提供了重要依据。

参考文献:

- [1] 刘昊,陶国良,陈鹰. 空气动力发动机气缸容积及行程比的研究[J]. 工程设计学报, 2006, 13(4): 255-259.
- [2] 聂相虹,俞小莉,胡军强,等. 进排气开启角对气动发动机的影响及其优化设计[J]. 工程设计学报, 2009, 16(1): 16-20.
- [3] 刘昊. 空气发动机的探索性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [4] 王英波,黄其涛,郑书涛,等. Simulink 和 SimMechanics 环境下并联机器人动力学建模与分析[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2012, 33(1): 100-105.
- [5] 贺李平,顾亮,龙凯,等. 基于流-固耦合的汽车减振器动态特性仿真分析[J]. 机械工程学报, 2012, 48(13): 96-101.
- [6] YANG Chifu, YE Zhengmao, O. Ogbobe Peter, et al. Modeling and Simulation of Spatial 6-DOF Parallel Robots Using Simulink and SimMechanics[C]. IEEE Computer Society. 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, Chengdu, China: IEEE, 2010: 444-448.
- [7] ZHAN Jinchun, GUO Xiaosong, YANG Yanni. New Multi-software Environment for Collaborative Modeling & Simulation of Mechatronic Systems[J]. Journal of System Simulation, 2008, 21(20): 5816-5828.

- [3] 万胜狄. 锻造机械与自动化[M]. 北京: 机械工业出版社, 1983.
- [4] YA NCY, GAO F. Dynamic stability Analysis of a Novel Forging Manipulator[C]. 1st International Conference Intelligent Robotics and Applications, October 15-17, 2008, Wuhan, China, Berlin: Springer, 2008: 449-458.
- [5] 付永领,祁小野. AMESim 建模与仿真[M]. 北京: 北京航空航天大学, 2006.
- [6] 李爱峰,董致新. 大型矿用液压挖掘机行走系统建模及仿真研究[J]. 液压与气动, 2012, (9): 95-99.